

## **СЕКЦИЯ 2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ, КЕРАМИЧЕСКИЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **ПОЛУЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ АРМИРОВАННОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

*Третникова М.П., Левина А.В., Тюшляева Д.С.*

*Руководители – проф., д.т.н. Мальцева Л.А., проф., д.т.н. Логинов Ю.Н.*  
Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н.  
Ельцина, г. Екатеринбург  
**mla44@mail.ru**

Предложен способ получения цилиндрической заготовки из армированного металлического композиционного материала. Данный способ включает расплавление металлического материала матрицы, размещение в изложнице с цилиндрической внутренней поверхностью проволоки из упрочняющего металлического материала, имеющей форму спирали с неприлегающими друг к другу витками. Совмещая ось спирали с осью изложницы, заливку расплавленного материала матрицы в изложницу проводят при температуре старения упрочняющего материала с последующей его кристаллизацией и получением цилиндрической заготовки. При этом упрочнение композиционного материала происходит в тангенциальном направлении.

Известен способ упрочнения материалов за счет расположения снаружи заготовки из металла-матрицы упрочняющих волокон или проволоки [1, 2]. Этот способ предполагает навивку волокон или проволоки из более прочного материала на поверхность детали или заготовки, изготовленной из менее прочного, но например, более легкого металла. Тем самым увеличивают прочность конструкции в целом, а особенно, прочностные свойства в тангенциальном направлении, т.е. в том направлении, куда направлены оси волокон или проволоки. Однако отмечаются и недостатки этого способа: упрочняющие волокна или проволока не защищены от коррозии. Поэтому целесообразно размещать волокна или проволоку внутри металла-матрицы.

Эта техническая задача решалась в описании к патенту Великобритании №.GB1201654 [3]. Этим изобретением был предложен способ изготовления композиционного материала, предусматривающий введение в металл матрицы (алюминий, дюралюминий упрочняющих волокон из нержавеющей стали). При этом метод заключался в навивке упрочняющей проволоки на барабан и распылении расплавленного алюминия на поверхность проволоки с заполнением пустот между витками.

Недостатком способа является сложность приемов, поэтому для его осуществления авторами был предложен специальный агрегат.

Известен также способ получения волокнистого композиционного материала с использованием в качестве армирующего материала проволоки по патенту Германии №DE4300283 [4]. Способ включает ортогональное переплетение проволоки из упрочняющего материала с созданием армирующей конструкции в виде сетки и размещение в таком виде упрочняющего элемента в металле-матрице. Недостатком способа является трудоемкость операции подготовки армирующего материала, что приводит к существенному удорожанию технологии и продукта. Известен способ получения высокопрочного композиционного материала, приведенный в описании к патенту США №US6346132 [5]. Способ предполагает перемешивание металлических материалов в состоянии двух фаз. Первая фаза представляет собой матрицу, предпочтительно из алюминия. Вторая фаза (5...60% по объему) - упрочнитель, может иметь вид волокон или проволоки. Предполагается процесс совместного уплотнения этих фаз проводить в диапазоне температур 400...700°C и при давлении 100...300 МПа. Здесь видно, что процесс представляет, по сути, твердофазную обработку материалов, что требует создания давлений с помощью специальных прессовых установок. Таким образом, недостатком процесса является необходимость использования дорогостоящего оборудования. Наиболее близким к предлагаемому способу является способ получения волокнистого металлического композиционного материала, приведенный в описании к патенту США №US4617979 [6]. Этот способ получения цилиндрической заготовки из армированного металлического композиционного материала включает расплавление металлического материала матрицы, размещение в изложнице с цилиндрической внутренней поверхностью проволоки из упрочняющего металлического материала, заливку расплавленного металлического материала матрицы в изложницу и его кристаллизацию. Особенностью способа является придание проволоке из упрочняющего материала формы коротких волокон. Тем самым при расположении волокон в металле матрицы достигается равновероятная ориентация волокон, что приводит к достижению изотропного состояния композиционного материала. Однако во многих случаях применения композиционных материалов требуется получить повышенные значения прочности в определенном направлении, т.е. требуется получить анизотропное состояние вещества. Поэтому недостатком вышеописанного способа является невозможность получения повышенных свойств готового продукта в заданном направлении. Предлагаемый нами способ получения цилиндрической заготовки из армированного металлического композиционного материала включает расплавление материала матрицы, размещение в изложнице с цилиндрической внутренней поверхностью проволоки из упрочняющего металлического материала, заливку

расплавленного размещении в изложнице совмещают ось спирали с осью изложницы. Сущность предложения заключается в том, что проволока в виде спирали имеет упорядоченное строение, которое задается ее формой, ориентация проволоки в витках спирали соответствует тангенциальной координате получаемой заготовки, таким образом, в тангенциальном направлении произойдет максимальное упрочнение композиционного материала в целом. Такое анизотропное строение композита позволит усилить конструкцию детали в заданном направлении. Кроме того, форма спирали по отношению к хаотически расположенным отрезкам проволоки или волокон имеет то преимущество, что расстояния между витками спирали одинаковы, т.е. удастся получить однородное строение композита. Спираль может иметь прилегающие друг к другу витки, но это нецелесообразно, так как в места прилегания теряется контакт с металлом-матрицей и ослабляется связь системы материалов. Поэтому выбрана форма спирали с неприлегающими друг к другу витками. Совмещение в изложнице оси спирали с осью тигля позволяет получить однородное строение композита вдоль радиальной координаты. Заливку расплавленного материала матрицы ведут при температуре старения упрочняющего материала. Это позволяет повысить прочность упрочняющего материала на стадии заливки и не проводить старение как отдельную технологическую операцию.

Свойством упрочнения при старении за счет распада пересыщенных твердых растворов обладает большой ряд конструкционных материалов, среди которых аустенитные метастабильные стали, железохромоникелевые мартенситностареющие стали, аустенитно-ферритные стали и бериллиевая бронза[7,8]. Предварительно такие упрочняющие материалы подвергают закалке для фиксации пересыщенного твердого раствора.

После заливки расплавленного материала матрицы обеспечивают выдержку расплава при температуре старения, достаточную для завершения старения. Это позволяет обеспечить максимальные прочностные свойства упрочняющему материалу, а, следовательно, и всему композиту. При размещении в изложнице нескольких проволок в виде спиралей используют спирали различного диаметра. Это позволяет увеличить прочностные свойства получаемой заготовки, поскольку объемная доля заполнения композита упрочняющим элементом увеличивается. Для получения цилиндрической заготовки с кольцевым поперечным сечением после кристаллизации в ней выполняют круглое отверстие. Это позволяет перейти от формы диска к форме кольца, чем расширяется ассортимент продукции. Для получения цилиндрической заготовки с кольцевым поперечным сечением перед заливкой расплавленного металлического материала в изложнице размещают формовочный стержень, ось которого совмещают с осью изложницы. Это позволяет изготовить отверстие более экономичным образом и не допустить потерь металла в стружку. Одно из наиболее часто используемых сочетаний металла-матрицы и упрочняющего материала - это

алюминий (алюминиевый сплав) и нержавеющая сталь. Так, температура старения стали марки X10K13M5 лежит в интервале 500...700°C [9]. Температура плавления алюминия равна 659°C, с учетом необходимого перегрева металла для повышения жидкотекучести температура литья составляет 700°C. Это позволяет обеспечить нагрев упрочняющего материала до необходимой температуры, при которой начинаются процессы выделения упрочняющих фаз. В результате удается

повысить прочность упрочняющего материала на стадии заливки и не проводить старение как отдельную технологическую операцию.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. В.В.Васильева, Ю.М.Тарнопольского. М.: Машиностроение. 1990. 512 с.
2. Патент WO2012123686. Process for manufacturing a one-piece axisymmetric metallic part from composite fibrous structures. /GODON THIERRY [FR]; DAMBRINE BRUNO JACQUES GERARD и др. Заявители: они же, МПК B22F 3/15; C22C 47/04; C22C 47/06. Заявл.15.03.2011. Оpubл. 20.09.2012.
3. Патент Великобритании №. GB1201654. Methods of producing composite materials /Forsyth Peter Joseph Edward; George Ronald Walter. Appl. Mini Of Technology London. МПК B23K 31/00; C22C 47/16. Заявл. 14.06.1967. Оpubл. 12.08.1970.
4. Патент Германии №DE4300283. Fibre composite with a mixed-wire fabric/ Menne Rolf [De]; Essig Wilfried. Appl. Dynamit Nobel Ag, МПК B32B 15/14; C22C 47/20; C22C 49/00. Заявл. 08.01.1993. Оpubл. 14.07.1994.
5. Патент США №US6346132. High-strength, high-damping metal material and method of making the same/ Huber Ulrike [De]; Rauh Rainer [De]; Arzt Eduard. Appl. Daimler Chrysler AG. МПК B22F 1/00; C22C 1/04; C22C 49/06; C22F 1/00. Заявл. 16.09.1998. Оpubл. 12.02.2002.
6. Патент США №US4617979. Method for manufacture of cast articles of fiber-reinforced aluminum composite /Suzuki Nobuyuki [Jp]; Tanaka Kenichi [Jp]; Yamanashi Masanao [JP] и др. Appl. Nikkei Kako Kk [Jp]; Nippon Light Metal Co [Jp]. МПК B22D 19/14, заявл. 15.07.1985. Оpubл. 21.10.1986.
7. Грачев С.В., Мальцева Л.А., Мальцева Т.В. Аустенитно-ферритная коррозионно-стойкая сталь для высокопрочной проволоки //МиТОМ. 2000. №11.С.6-9.
- 8.Мальцева Л.А., Шарапова В.А., Мальцева Т.В., Гладковский С.В., Левина А.В. Влияние легирования и термопластической обработки на фазовый состав и свойства коррозионно-стойких сталей с метастабильным аустенитом//МиТОМ.2011.№11 (677). С.17-28.
9. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. М.: Metallurgy, 1985. 408 с.